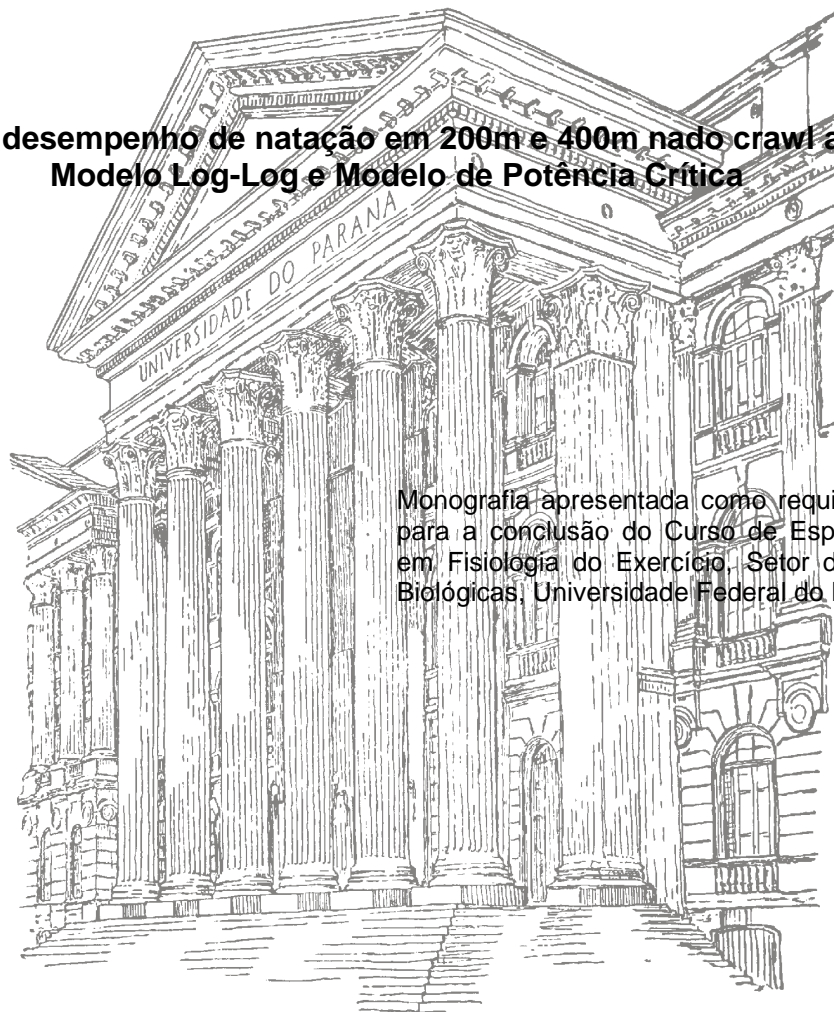


DAIANE BECKER DE OLIVEIRA

Predição do desempenho de natação em 200m e 400m nado crawl através do Modelo Log-Log e Modelo de Potência Crítica



Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão do Curso de Especialização em Fisiologia do Exercício, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2014**

DAIANE BECKER DE OLIVEIRA

**Predição do desempenho de natação em 200m e 400m nado crawl através do
Modelo Log-Log e Modelo de Potência Crítica**

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão do Curso de Curso de
Especialização em Fisiologia do Exercício,
Setor de Ciências Biológicas, Universidade
Federal do Paraná. Orientador: Professor
Doutor Raul Osiecki

**CURITIBA
2014**

Dedico este trabalho aos meus amados
Pais e familiares.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Raul Osiecki, orientador deste estudo, pela dedicação, amizade e grande profissionalismo.

À minha família, ao meu pai, Sergio, à minha mãe, Fatima e meus irmãos pelo amor, carinho, compreensão, confiança e apoio dados durante toda minha vida.

Aos meus colegas de laboratório, CEPEFIS, em especial aos Co-orientadores Doutoranda Larissa Bobroff Daros e Prof. Vitor Bertoli Nascimento, pela imensa ajuda dada durante o período de realização deste estudo.

Ao Técnico Rodrigo Scherer pela grande ajuda e dedicação durante o todo meu período acadêmico e atlético.

A todos meus amigos que sempre me apoiaram nos momentos difíceis e me deram forças para seguir em frente.

A todos os professores e colegas que de maneira direta ou indireta ajudaram e torceram pela conclusão deste estudo.

RESUMO

Predição do desempenho de natação em 200m e 400m nado crawl através do Modelo Log-Log e Modelo de Potência Crítica

O objetivo do presente estudo foi comparar a predição do desempenho em provas natação de 200m e 400m através do modelo log-log e modelo de potência crítica. Oito nadadores, do sexo masculino realizaram desempenhos máximos, em piscina de 25m, em nado crawl nas distâncias de 50m, 100m, 200m, e 400m. O Modelo Log-Log apresentou melhor concordância, mas com medidas não correlacionadas (viés = - 0.23 segundos, $p = 0.456$; $r = 0.399$, $p = 0.326$) em relação ao Modelo de Potência Crítica (viés = - 5.52 segundos, $p = 0.030$; $r = 0.547$, $p = 0.159$) para o tempo real de 200m nado crawl quando utilizamos as distâncias preditoras de 50m e 100m. Para distância de 400m o Modelo Log-Log, utilizando as distâncias preditoras de 100m e 200m, apresentou melhor concordância com medidas correlacionadas (viés = - 2.5 segundos, $p = 0.382$; $r = 0.617$, $p = 0.102$) em relação ao Modelo de Potência Crítica (viés = -14.25 segundos, $p = 0.003$, $r = 0.690$, $p = 0.058$) quando comparamos com tempo real. Concluimos que o Modelo Log-Log é melhor preditor de desempenho para distâncias de 200m e 400m nado crawl em relação ao Modelo de Potência Crítica, podendo ser utilizado para planejamento da estratégia de prova e estruturação do treinamento, sendo que outras combinações de distâncias preditoras devem ser testadas.

Palavras-chave: modelo de potência crítica, modelo log-log, natação.

ABSTRACT

Prediction of the swimming performance in 200m and 400m crawl through the log-log model and the critical power model

The purpose of this study was to compare the prediction of swimming performance in tests 200 and 400 through the log-log model and the critical power model. Eight males swimmers performed maximum performance in the 25m pool in crawl distances of 50m, 100m, 200m and 400m. The log-log model showed better agreement (bias = -0.23 seconds, $p = 0.456$; $r = 0.399$, $p = 0.326$) compared to the critical power model (bias = -5.52 seconds, $p = 0.03$) for real-time 200m crawl when using predictive distances 50m and 100m. Distance of 400m to the Log-Log Model using the predictive distances of 100m and 200m, showed better agreement (bias = -2.5 seconds, $p = 0.382$; $r = 0.617$, $p = 0.102$) compared to the critical power model (bias = -14.25 seconds, $p = 0.003$, $r = 0.690$, $p = 0.058$) when compared to real time. We conclude that the log-log model is a better predictor of performance for distances of 200m and 400m crawl compared to the critical power model, which can be used for test strategy planning and structuring training, and other combinations of predictors distances should be tested.

Key Words: Front Crawl, log-log model, critical power model.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Valores preditos para Modelo Log-Log e Potência Crítica e tempo real de 200m.

TABELA 2. Valores preditos para Modelo Log-Log e Potência Crítica e Tempo Real de 400m.

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. Gráfico Bland-Altman entre o Modelo de Potência Crítica e Tempo Real de 200m.

GRÁFICO 3. Gráfico Bland-Altman entre Modelo Log-Log e Tempo Real de 400m.

GRÁFICO 4. Gráfico Bland-Altman entre Modelo de Potência Crítica e Tempo Real de 400m.

GRÁFICO 5. Gráficos de dispersão entre Modelo Log-Log (A) e Potência Crítica (B) e em relação ao tempo real de 200m.

GRÁFICO 6. Gráficos de dispersão entre Modelo Log-Log (A) e Potência Crítica (B) em relação ao tempo real de 400m.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
2.1. AMOSTRA.....	12
2.2. PROCEDIMENTOS.....	12
2.3. PREDIÇÃO.....	12
2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	13
3. RESULTADOS	14
4. DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

Endurance pode ser definido como capacidade de sustentar uma intensidade de exercício maior tempo possível até a exaustão (). A capacidade de *endurance* de atletas tem sido estudada através modelos matemáticos que relacionam distância(D)/tempo(t) ou potência(P)/tempo(t) (BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P.; MORTON, R. H, 1999). A relação hiperbólica existente entre potência/tempo pode ser confirmada ciclismo, sendo na corrida e natação, a velocidade (V) é utilizada no lugar da potência (YOSHIYUKI, F & WHIPP.B.J.,1999).

Um dos principais modelos matemáticos estudados é o modelo de potência crítica, baseado na suposição que o trabalho é derivado de mecanismos aeróbio e anaeróbio. Este pode ser descrito pela equação $V = CTA/t + VC$ onde, V = velocidade (m/s), CTA capacidade de trabalho anaeróbio (m), t = tempo (segundos), VC (m/s) = velocidade crítica, que teoricamente seria mantida por tempo indeterminado. O grande alvo dos trabalhos em relação a este modelo foi descrever a relação da velocidade crítica com máxima fase estável do lactato sanguíneo (WAKAYOSHI, I. et al, 1991; KOKUBUN, E., 1996; GRECO. C.C et al 2003;), e alguns verificar a validade do CTA como estimador da capacidade de trabalho anaeróbio (WAKAYOSHI, I. et al, 1991; MARINHO, D.A. et al 2011).

Frederick,1959 apud BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P.; MORTON, R. H, 1999 após estudar a relação entre recordes das distâncias de 100m, 200m, 400m, 800m, 1500m,5000m, 10000m e Maratona na corrida; 100m, 200m, 400m, 800m e 1500m na natação; 100m,200m, 400m, 800m, 1500m, 5000m e 10000m skate; 1km, 5km, 10km, 20km e o recorde de 1 hora do ciclismo propôs o modelo log-log onde: $\text{Log}(V) = k + c \cdot \text{Log}(t)$, onde k e c seriam constantes para estudar a relação V/t.

Uma aplicação para estes modelos matemáticos de *endurance* seria a predição de desempenho que possibilitaria a programação de uma melhor de estratégia de prova e monitoramento dos treinos. Encontramos a aplicação do modelo de potência crítica com corrida (YOSHIYUKI, F & WHIPP.B.J.,1999) e com natação há bons resultados descritos com predição para diferentes distâncias 50m, 100m, 200m, 400m, 1500m mas estes foram estimados utilizando dados médios do grupo estudado, não com dados individuais (HUUB, M.T. et al 1998).

Assim o objetivo deste trabalho é comparar a aplicação do modelo de potência crítica e modelo log-log na predição do desempenho individual em natação nas distâncias 200m e 400m nado crawl.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostra

Foram estudados oito indivíduos, do sexo masculino, com idade 19 ± 1.07 anos, peso 74.54 ± 2.72 kg, estatura 182.37 ± 3.33 m, $8.42 \pm 1.28\%$ gordura, vinculados a Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos, com histórico de quatro anos de treinamento de natação e competindo regularmente. Antes das avaliações, os participantes foram informados de todos os procedimentos metodológicos, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido concordando com a participação no estudo. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFPR sob protocolo CEP/SD 957.082.10.07 e CAAE 0052.0.091.000-10.

2.2. Procedimentos

Os atletas realizaram nados máximos em piscina de 25m, com temperatura entre 28°C e 30°C , nas seguintes distâncias: 50m, 100m, 200m e 400m, sendo anotado tempo em segundos.

2.3. Predição

Para determinação pelo Modelo de Potência Crítica foram calculados valores de velocidade crítica (VC) e capacidade de trabalho anaeróbio (CTA) por estimação da reta formada pelas distâncias de 50m, 100m, obtendo $VC_{50m,100m}$, e $CTA_{50m,100m}$ e a reta formada pelas distâncias de 100m e 200m, obtendo $VC_{100m,200m}$, e $CTA_{100m,200m}$. Utilizamos para predição do desempenho pelo Modelo de Potência Crítica a relação $vel = CTA/t + VC$ onde, vel = velocidade (m/s), CTA capacidade de trabalho anaeróbio (m), t = tempo (segundos), VC (m/s). A partir da relação $vel = D/t$, e substituindo temos $t = (D - CTA)/VC$, onde D = distância. Tendo ao final a equação: $t_{200m} = (200 - CTA)/VC$ e $t_{400m} = (400 - CTA)/VC$.

O Modelo Log-Log pode ser expresso pela equação geral: $\log(S) = k \log(T) + c$, onde S é a velocidade de nado, e k e c são constantes. Para realizar as predição do tempo para distância determinada, nós utilizamos $S = D/T$ determinado no modelo da seguinte forma $\log(T) = \log(D)/(1 + k) - c/(1 + k)$, ou $\log(T) = k' \log(D) + c'$ (HINCKSON & HOPKINS, 2005).

2.4. Análise Estatística

Na análise estatística foi utilizando correlação de Pearson e metodologia para análise de concordância Bland-Altman (BLAND, J.M. & ALTMAN, D.G., 1986) e correlação de Spearman entre os tempos preditos e tempos reais de 200m e 400m, considerando p-valor < 0.05 , sendo utilizando pacote estatístico R.13.1 for Windows.

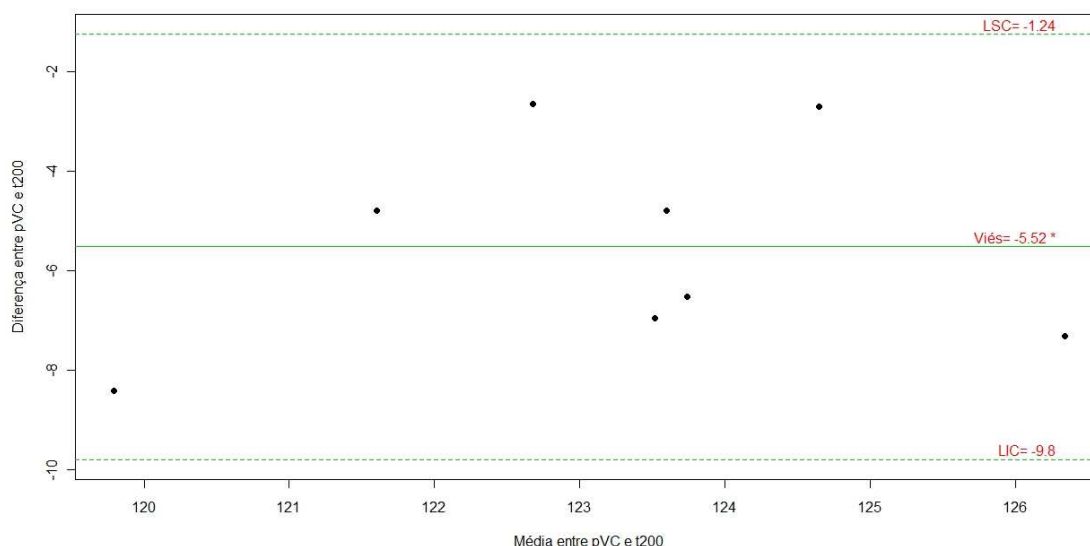
3. RESULTADOS

Abaixo resultados obtidos para predição do tempo de 200m para modelo Log-Log e de Potência Crítica apresentado com Média e desvio padrão (Dp) coeficiente de variação (CV%).

Tabela 1. Valores preditos para Modelo Log-Log e Potência Crítica e tempo real de 200m.

n	Tempo	Velocidade	Tempo	Velocidade	Tempo Real 200m (segundos)	Velocidade 200m (m/s)
	Predito _{50m} ,	Predita _{50m} ,	Predito _{50m} ,	Velocidade		
	100m 200m	100m 200m	100m 200m	Predita _{50m} ,		
	Log-Log	Log-Log	PC	100m 200m PC (m/s)		
	(segundos)	(m/s)	(segundos)	PC (m/s)		
1	124.7	1.604	120.0	1.666	127	1.575
2	117.3	1.706	115.6	1.730	124	1.613
3	125.7	1.591	120.5	1.660	127	1.575
4	128.2	1.560	122.7	1.630	130	1.538
5	129.6	1.543	123.3	1.622	126	1.587
6	125.4	1.594	119.2	1.678	124	1.613
7	127.4	1.570	121.2	1.650	126	1.587
8	127.8	1.565	121.4	1.648	124	1.613
Média	125.7	1.592	120.5	1.661	126.0	1.588
Dp	3.809	0.050	2.388	0.034	2.070	0.026
CV(%)	3%	3.1%	2%	2%	1.6%	1.6%

Abaixo apresentamos Gráfico Bland-Altman entre Modelo de Potência Crítica e



Tempo Real para distância de 200m.

Gráfico 1. Gráfico Bland-Altman entre o Modelo de Potência Crítica e Tempo Real de 200m (viés = - 5.52 segundos, $p = 0.030$)

Abaixo apresentamos Gráfico Bland-Altman entre Modelo Log-Log e Tempo Real de 200m.

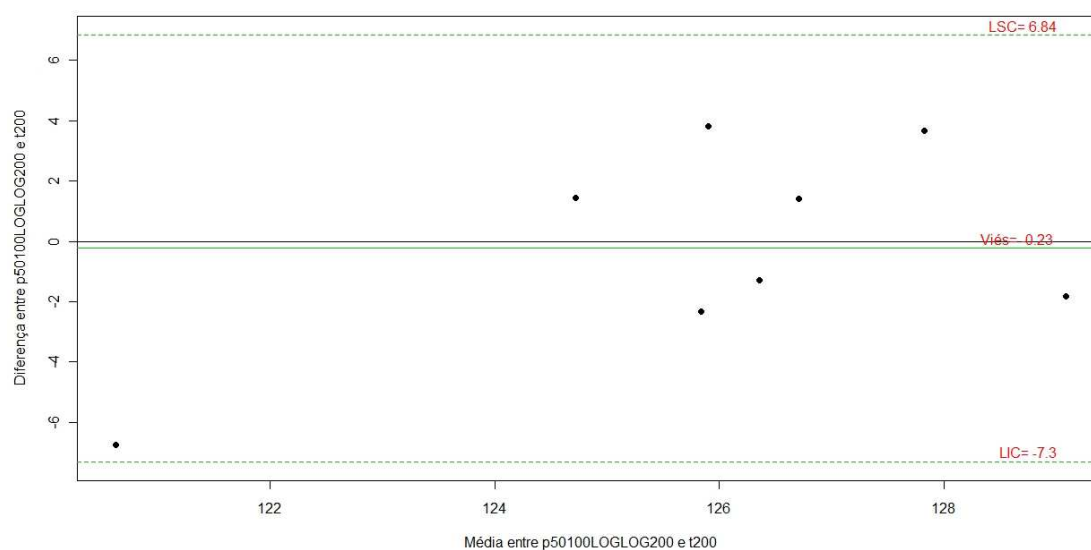


Gráfico 2. Gráfico Bland-Altman entre Modelo Log-Log e Tempo Real de 200m (viés = - 0.23 segundos, $p = 0.456$).

Abaixo resultados obtidos para predição do tempo de 400m para modelo Log-Log e de Potência Crítica apresentado com Média, desvio padrão (Dp) e coeficiente de variação (CV%).

Tabela 2. Valores preditos para Modelo Log-Log e Potência Crítica e Tempo Real de 400m.

n	Tempo Predito _{100m,} 200m 400m Log-Log (segundos)	Velocidade Predita _{100m,} 200m 400m Log- Log (m/s)	Tempo Predito _{100m,} 200m 400m PC (segundos)	Velocidade Predita _{100m,} 200m 400m PC (m/s)	Tempo Real 400m (segundos)	Velocidade Real 400m (m/s)
1	278.1	1.438	265.0	1.509	281	1.423
2	269.8	1.483	258.0	1.550	272	1.471
3	278.1	1.438	265.0	1.509	275	1.455
4	286.4	1.396	272.0	1.471	280	1.429
5	269.1	1.487	260.0	1.538	280	1.429
6	269.8	1.483	258.0	1.550	274	1.460
7	273.7	1.461	262.0	1.527	276	1.449
8	265.1	1.509	256.0	1.563	272	1.471
Média	273.8	1.462	262.00	1.527	276.3	1.448
Dp	6.84	0.04	5.21	0.03	3.65	0.02
CV%	2.5%	2.7%	2%	2%	1.3%	1.4%

Abaixo apresentamos gráfico Bland-Altman entre Modelo Log-Log e Tempo Real de 400m.

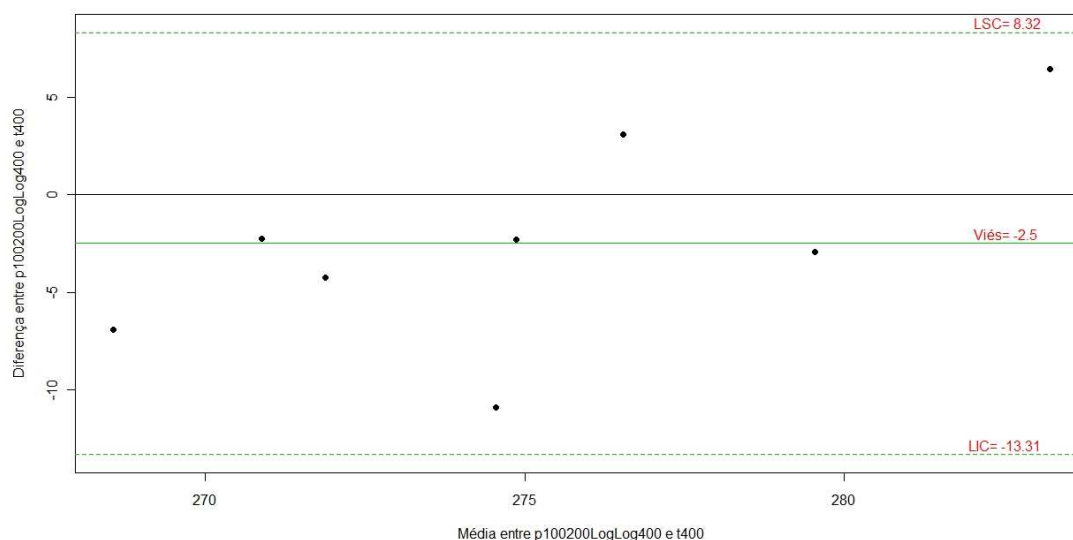


Gráfico 3. Gráfico Bland-Altman entre Modelo Log-Log e Tempo Real de 400m (viés = - 2.5 segundos, $p = 0.382$)

Abaixo apresentamos gráfico Bland-Altman entre Modelo de Potência Crítica e Tempo Real de 400m.

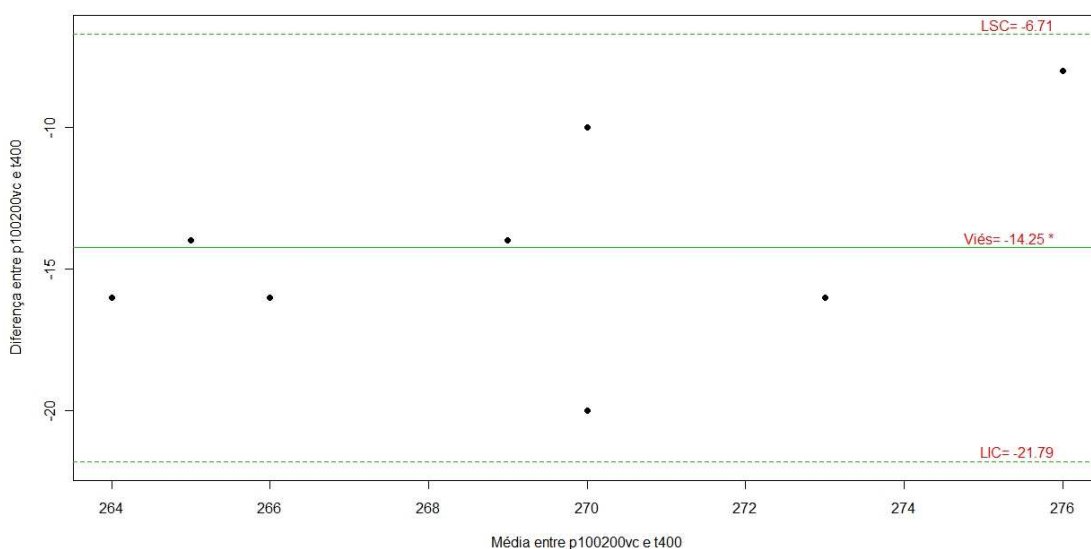


Gráfico 4. Gráfico Bland-Altman entre Modelo de Potência Crítica e Tempo Real de 400m (viés = -14.25 segundos, $p = 0.003$).

Abaixo apresentamos gráfico de dispersão entre os tempo preditos do Modelo de Potência Crítica e Log-Log em relação ao tempo real de 200m.

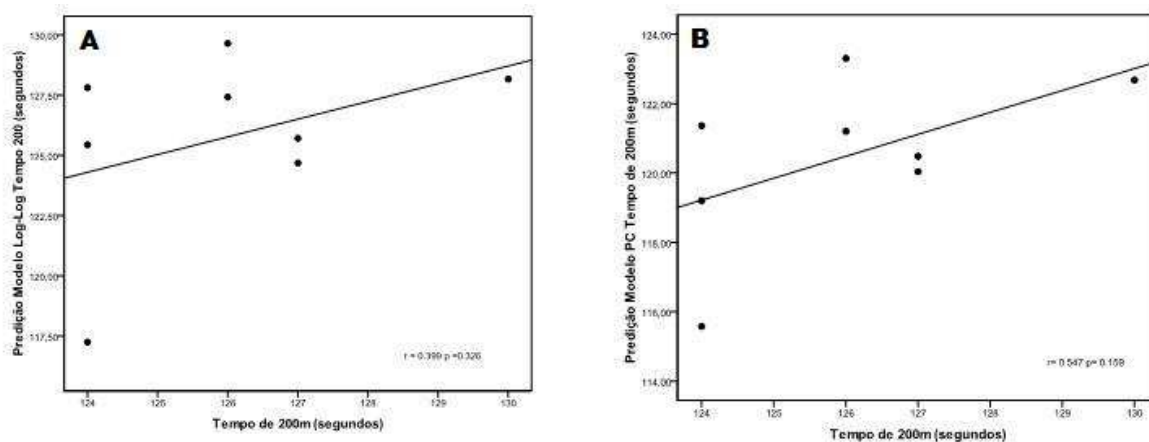


Gráfico 5. Gráficos de dispersão entre Modelo Log-Log (A) e Potência Crítica (B) e em relação ao tempo real de 200m (A - Modelo Log-Log: $r = 0.399$, $p = 0.326$; B - Modelo PC: $r = 0.547$, $p = 0.159$).

Abaixo apresentamos gráfico de dispersão entre os tempo preditos do Modelo de Potência Crítica e Log-Log em relação ao tempo real de 400m.

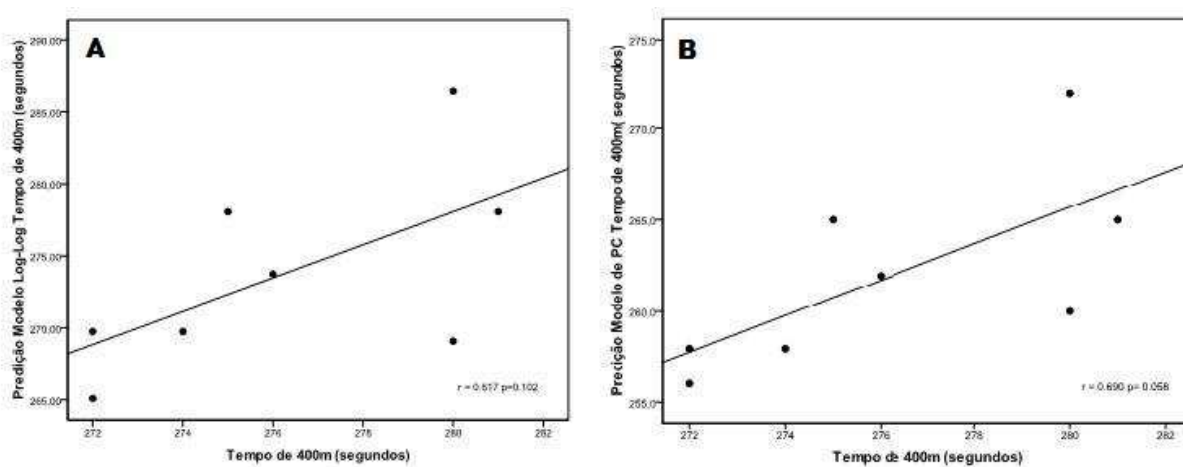


Gráfico 6. Gráficos de dispersão entre Modelo Log-Log (A) e Potência Crítica (B) em relação ao tempo real de 400m (A - Modelo Log-Log: $r = 0.617$, $p = 0.102$; B-Modelo PC: $r = 0.690$, $p = 0.058$).

4. DISCUSSÃO

O presente estudo demonstrou que modelo log-log apresenta boa precisão na predição do tempo para distâncias de 200m e 400m nado crawl em relação o modelo de potência crítica para as cargas preditores utilizadas. Resultados semelhantes foram observados com tempo de exaustão na corrida em um estudo de Hinckson e Hopekings (2005) onde o tempo de exaustão predito pelo modelo log-log apresentou melhor variação cerca 1% em relação ao modelo de potência crítica. O modelo de potência crítica superestimou os tempos de 200m e 400m de forma significativa (200m viés = - 5.52 segundos, $p = 0.03$; 400m viés = -14.25 segundos, $p = 0.003$), isto vai contra a afirmação de que a linearidade da relação distância/tempo teria uma boa predição para natação (DEKERLE, J. et al 2006).

Apesar de subestimar o tempo de prova, o viés no modelo Log-Log foi de -2.5 segundos, $p = 0.382$, para distância de 400m, e - 0.23 segundos, $p=0.456$, para distância de 200m, em outras modelagens para predição do tempo de natação utilizando como Redes Neurais (EDELMAANN-NUSSER,J.;HOHMANN,A;HENNEBERG,B, 2002) o viés chegou 0.05 segundos mas exigindo coletas de dados durante todo período de preparação sendo os modelos de potência crítica e log-log mais simples, por exigirem um 2 cargas preditoras utilizadas no cotidiano do treinamento.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que o Modelo Log-Log é um bom preditor de desempenho para distâncias de 200m e 400m nado crawl em relação ao Modelo de Potência Crítica, podendo ser utilizado para planejamento da estratégia de prova e estruturação do treinamento. Não obstante, mais estudos são necessários com utilização de outras combinações de distâncias preditoras.

REFERÊNCIAS

- BILLAT, L. V.; KORALSZTEIN, J. P.; MORTON, R. H. Time in Human Endurance Models: From Empirical Models to Physiological Models. **Sports Medicine**, Jun; 27 (6): 359-379, 1999.
- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, 307–310, 1986.
- DEKERLE J, BRICKLEY G, SIDNEY M, PELAYO P. Application of the critical power concept in swimming? In: Biomechanics and Medicine in Swimming X edited by Vilas- Boas JP, Ives F, Marques A. Porto: **Portuguese Journal of Sport Sciences**, 2006.
- EDELMANN-NUSSER, J.; HOHMANN, A; HENNEBERG, B. Modeling and Prediction of Competitive Performance in Swimming upon Neural Networks. **European Journal of Sport Science**, vol. 2, issue 2, 2002.
- GRECO. C.C; DENADAI, B.S; PELLEGRINOTTI, I.L; FREITAS.A.B; GOMIDE, E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 9, jan/fev, p.2-8, 2003.
- HINCKSON, E. A., & W. G. HOPKINS. Reliability of Time to Exhaustion Analyzed with Critical-Power and Log-Log Modeling. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 37, No. 4, 696-701, 2005.
- HUUB, M.T; WAKAYOSHI, K.;HOLLANDER,P.A; OGITA.F. Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical Power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Vol. 30, nº1, pp. 144-151, 1998.
- VANDEWALLE, H.; VAUTIER, J. F.; KACHOURI, M.;LECHEVALIER, J. M; MONOD, H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept-a critical review. **J. Sports Med. Phys. Fit.** 37:89-102, 1997.
- MARINHO DA, AMORIM RA, COSTA AM, MARQUES MC, PÉREZ-TURPIN JA, NEIVA HP. “Anaerobic” critical velocity and swimming performance in young swimmers. **J. Hum. Sport Exerc.** Vol. 6, No. 1, pp. 80-86, 2011.
- KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, v. 10, n.1, p.5-20, 1996.
- WAKAYOSHI K.; ILKUTA, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology**, v.64, p.153-7, 1991.
- YOSHIYUKI.F; WHIPP,B.J. A metabolic limit on the ability to make up for lost time in endurance events. **Journal Applied Physiology**, 87(2): 853–861, 1999.